

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П.КОРОЛЕВА

К О Н С Т Р У К Ц И И
К Р Ы Л Ь Е В И О П Е Р Е Н И Я

Методические указания
к лабораторной работе

С а м а р а 1 9 9 4

Составитель Г.А.Резниченко

УДК 629.7.02(075)

Конструкции крыльев и оперения: Метод. указания /ИИЦ
"Авиатор"; Сост. Г.А.Резниченко. Самара, 1994. 20 с.

В методических указаниях в виде контрольных вопросов изложены содержание и порядок выполнения лабораторной работы. Приведены краткие сведения о самолетах, имеющихся в кабине конструкции самолетов.

Методические указания разработаны на кафедре конструкции самолетов и предназначены для студентов всех специальностей, изучающих курс конструкции самолетов.

Рецензент Б. Н. Климов

КОНСТРУКЦИИ КРЫЛЬЕВ И ОПЕРЕНИЯ

Составитель Резниченко Геннадий Алексеевич

Редактор Н.С.Куприянова. Техн. редактор Н.М.Каленюк

Лицензия ПР № 062080 от 22.01.93.

Подписано в печать 25.01.94. формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.печ.л. 1,16. Усл.кр.-отт. 1,28. Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 200 экз. Заказ № 119. Арт. С-40/94.

Научно-производственный центр "Авиатор". 443001 Самара,
ул. Ульяновская, 18.

Участок оперативной полиграфии ИИЦ "Авиатор". 443001 Самара,
ул. Ульяновская, 18.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие сведения	4
1. Перечень вопросов, общий для всех крыльев, имеющих в кабинете конструкций самолетов	6
2. Перечень вопросов по конструкции крыла конкретного са- молета	7
2.1. Самолет "Бостон А-20"	7
2.2. Самолет "Супер Аэро"	8
2.3. Самолет Ил-28	9
2.4. Самолет МиГ-15	10
2.5. Самолеты Як-25, Як-26	11
2.6. Самолет Ту-154	13
2.7. Самолет Су-15	14
2.8. Самолет Су-17	15
2.9. Самолет МиГ-23	16
3. Вопросы по конструкции оперений самолетов	17
3.1. Оперение самолета "Супер Аэро"	17
3.2. Оперение самолета МиГ-15	18
3.3. Оперение самолета Як-26	18
3.4. Оперение самолета Ил-28	18
3.5. Оперение самолета Су-15	19
3.6. Цельноповоротное горизонтальное оперение самолета МиГ-23	19
Библиографический список	19
Отчет по лабораторной работе "Конструкция крыльев и опе- рения"	20

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основным видом занятий при изучении конструкций самолетов являются лабораторные работы в кабинете конструкций самолетов.

Реальные образцы авиационной техники, собранные на кафедре, являются богатым иллюстративным материалом к курсу лекций. Вместе с тем, слушая объяснения преподавателя и выполняя самостоятельно расчетные и графические работы по материалам кабинета конструкций самолетов, Вы приобретете бесценный опыт и навыки инженерного анализа существующих конструкций.

В кабинете конструкций самолетов собраны агрегаты планера десяти самолетов, построенных в разное время в нашей стране и за рубежом. Условно кабинет разделен на четыре зоны, в которых и сосредоточены основные агрегаты планера самолетов: крылья и механизация, оперения, фюзеляжи и шасси.

Коллекция самолетов, представленных для изучения, собиралась много лет. Сейчас она является одной из самых представительных из существующих в вузах России.

По представленным агрегатам можно провести, с одной стороны, ретроспективный анализ конструкций (самый "старый" из представленных самолет "Бостон А-20" (1939 г.), самые новые экспонаты: самолеты Су-15, МиГ-23 (1967 г.) и Ту-154 (1968 г.)), с другой - можно познакомиться со всем многообразием внешних форм конструктивно-силовых схем и проектных решений, применяемых в самолетостроении.

Все агрегаты препарированы, что позволяет получить полное представление об их внутреннем устройстве.

Работая в кабинете, Вы сможете получить прочные знания по конструкции самолетов.

Кабинет конструкций самолетов - сложный технический комплекс, оснащенный электрическим, гидравлическим и пневматическим оборудованием и инструментом.

Для безопасной работы мы просим Вас соблюдать несколько простых правил:

- самовольно не включайте силовые и осветительные рубильники, пульты, устройства и стенды;
- не открывайте подвижные части фонарей, не садитесь без надобности в кабину самолета;

- не перемещайте, не разбирайте узлы и агрегаты самолета;
- по окончании работы приведите в порядок свое рабочее место.

Содержание работы

В соответствии с программой курса конструкций самолетов крыло изучается на четырех лабораторных работах:

Лабораторная работа N1 "Конструкции крыльев и оперений".

Лабораторная работа N2 "Конструктивно-технологический анализ конструкции крыла".

Лабораторная работа N3 "Конструктивно-силовой анализ угла крыла".

Лабораторная работа N4 "Решение проектно-конструкторских задач по теме "Крыло".

Настоящие методические указания составлены к первой лабораторной работе, посвященной изучению конструкций крыльев и оперений.

Цель работы:

Знакомство с крыльями, представленными в кабинете конструкций самолетов (внешними формами, силовыми схемами, конструктивным исполнением отдельных узлов и деталей).

Порядок проведения работы

Лабораторная работа проводится в течение трех занятий (шесть часов аудиторного времени).

Первое занятие проходит в виде семинара по теме "Крыло". Для подготовки к семинару необходимо изучить следующие главы и разделы учебника [1]:

- глава II, разделы 1-4, с. 62-78; раздел 5, с. 90-93; раздел 9, с. 125-134; раздел 12, с. 139-144;

- глава III, разделы 1, 2, с. 151-159; разделы 4, 5, с. 164-170;

параграфы учебника [2]:

§ 2.1-2.4, с. 44-55;

§ 2.6, с. 58-63;

§ 2.8-2.9, с. 78-87;

§ 3.1, с. 96-98;

§ 4.1-4.2, с. 128-131;

§ 4.4, с. 144-145;

§ 5.1-5.2, с. 153-158.

По результатам работы на семинаре Вы получите зачет-допуск ко второму и третьему занятиям.

Два следующих занятия проводятся в виде лекции-экскурсии. Преподаватель рассказывает Вам о всех крыльях и оперениях самолетов, представленных в кабинете.

План рассказа представлен ниже в виде контрольных вопросов к занятию.

Вопросы разделены на три группы.

В первой группе приведены вопросы, относящиеся ко всем крыльям.

Во второй группе собраны вопросы, выделяющие особенности конструкции конкретного крыла.

В третьей группе собраны вопросы по оперению самолетов, представленных в кабинете.

Сведения о самолетах, которые приведены в методических указаниях, помогут объяснить внешнюю форму и принятые в крыле проектно-конструкторские решения.

Внимательно слушая преподавателя, Вы найдете в его рассказе ответы на все контрольные вопросы.

1. Перечень вопросов, общий для всех крыльев, имеющихся в кабинете конструкций самолетов

1. Охарактеризуйте внешнюю форму крыла (вид в плане и профиль), оцените приблизительно его параметры.

Объясните их значения, исходя из ЛТХ самолета.

2. Определите КСС крыла. Назовите и покажите основные конструктивные элементы, определите материал, из которого они изготовлены.

3. Опишите конструкцию рядовой нервюры, объясните ее назначение и силовую работу.

4. Опишите конструкцию лонжерона. Расскажите о взаимодействии нервюры и лонжерона. Объясните назначение и силовую работу стенки, пояса и стойки лонжерона.

5. Охарактеризуйте работу обшивки и стрингеров. Объясните форму поперечного сечения стрингера.

6. Покажите путь передачи воздушной нагрузки от обшивки к

узлам крепления крыла.

7. Покажите силовые нервюры крыла, объясните их назначение и работу отдельных конструктивных элементов.

8. Обратите внимание на конструктивное оформление вырезов в стенках лонжеронов и нервюр и в обшивке. Определите назначение вырезов и объясните способ компенсации.

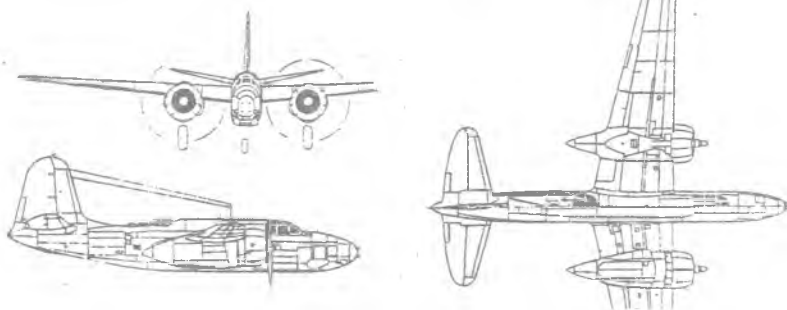
9. Расскажите о путях преобразования силовых факторов, действующих в рядовом сечении крыла, в сосредоточенные силы в узлах разбега. Расскажите об устройстве узлов крепления крыла.

2. Перечень вопросов по конструкции крыла конкретного самолета

2.1. Самолет "Бостон А-20"

Американский бомбардировщик А-20 (он же - "Бостон") является одной из самых известных машин среди поставлявшихся по ленд-лизу в годы Великой Отечественной войны. Самолеты применялись нашими летчиками как бомбардировщики, разведчики и тяжелые истребители. Особенно велика была их роль в минно-торпедных полках морской авиации.

В нашем кабинете представлена отъемная часть крыла.



1. Опишите конструкцию элерона и объясните способ уравновешивания внешней нагрузки в рядовом сечении и путь передачи ее на крыло.

2. Опишите цепочку передачи нормальной силы с пояса лонжерона на стыковой болт и конструктивное оформление этой передачи.

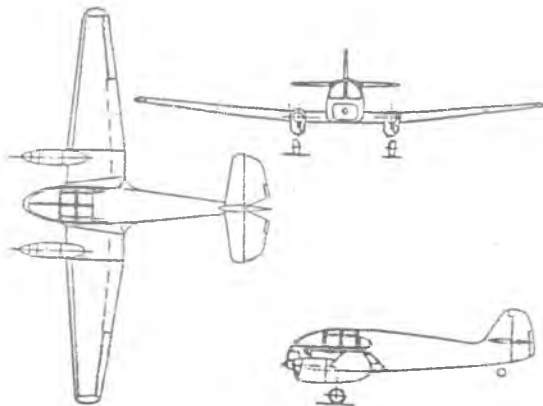
3. Опишите цепочку передачи перерезывающей силы на стыковой болт.

4. Объясните работу корневой нервюры и конструкции стыковых углов при уравновешивании $M_{кр}$.

2.2. Самолет "Супер Аэро"

Чехословацкий легкий транспортный самолет-авротакси. Экипаж 1 человек. Число пассажиров - 3. Мог использоваться как учебно-тренировочный. Имел двойное управление.

Год выпуска:	1957
Взлетная масса, кг:	1600
Нагрузка на крыло, кг/м ² :	587
Площадь крыла, м ² :	17.09
Размах крыла, м:	12.3
Стреловидность:	0
Максимальная скорость, км/ч:	280
Дальность полета, км:	1430
Потолок, м:	4500

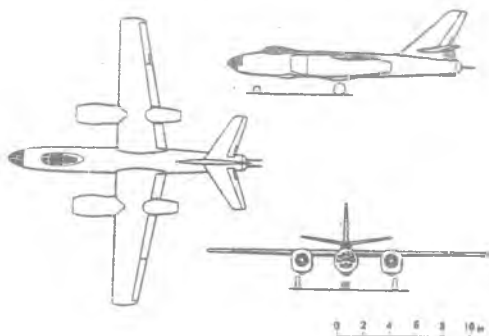


1. Опишите назначение, конструкцию и силовую работу щитка.
2. Опишите конструкцию рядовой нервюры и объясните особенность ее силовой работы.
3. Объясните работу корневой нервюры при уравнивании крутящего момента.

2.3. Самолет Ил-28

Первый советский реактивный фронтовой бомбардировщик с трапециевидным прямым крылом и стреловидным оперением. В свое время, один из лучших в мире самолетов этого класса. Хорошо приспособлен к серийному, массовому производству.

Год выпуска:	1948
Взлетная масса, кг:	21000
Нагрузка на крыло, кг/м ² :	345
Площадь крыла, м ² :	60.8
Размах крыла, м:	21.45
Стреловидность:	0
Максимальная скорость, км/ч:	900
Дальность полета, км:	2400
Потолок, м:	12300



1. Определите конструктивно-силовую схему (КСС) концевой части крыла. Назовите и покажите основные конструктивные элементы.

2. Опишите достоинства и недостатки конструкции крыла с разъемом по плоскости хорд.

3. Объясните силовую работу нервюры, разомкнутой вдоль плоскости хорд.

4. Опишите конструктивное оформление противообледенительной системы в носке крыла.

5. Охарактеризуйте КСС корневой части крыла. Назовите и покажите основные конструктивные элементы.

6. Объясните конструкцию и силовую работу стрингерной панели.

7. Объясните способ уравнивания нагрузки на крыло в корневом сечении. Опишите конструкцию и работу контурного стыка.

2.4. Самолет МиГ-15

Одноместный многоцелевой истребитель. Цельнометаллический среднеплан с одним реактивным двигателем. Первый в нашей стране серийный самолет со стреловидным крылом (35°). По многим показателям превосходит лучшие зарубежные самолеты своего времени. Строился массовой серией.

Год выпуска:	1947
Взлетная масса, кг:	4820
Нагрузка на крыло, кг/м ² :	234
Площадь крыла, м ² :	20.6
Размах крыла, м:	10.08
Стреловидность:	35
Максимальная скорость, км/ч:	1050
Дальность полета, км:	1420
Потолок, м:	15200

1. Опишите назначение выдвижного щитка, объясните устройство узлов крепления к крылу и способ управления щитком.

2. Опишите конструкцию и работу элерона с внутренней компенсацией. Объясните работу проводки управления элероном.

3. Объясните назначение и работу аэродинамических гребней.

4. Покажите противофлаттерный груз. Объясните его назначение и выбор месторасположения.

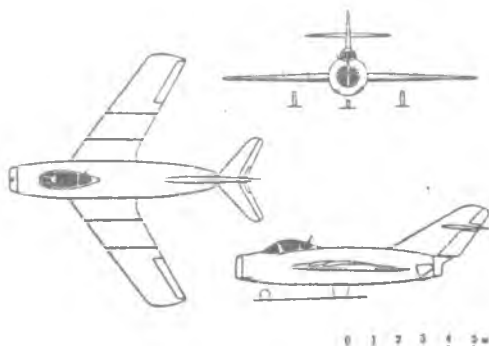
5. Опишите конструкцию рядовой нервюры. Объясните назначение стыка в плоскости хорд.

6. Опишите конструкцию лонжерона. Покажите его расчетную схему и дайте анализ силовой работы его элементов. Определите конструкционный материал.

7. Охарактеризуйте работу подкосной балки. Объясните конструктивное оформление места стыка лонжерона с подкосной балкой.

8. Объясните назначение и силовую работу нервюры, установленной в месте стыка подкосной балки и лонжерона.

9. Опишите конструкцию и объясните силовую работу узлов крепления основной опоры шасси к крылу.

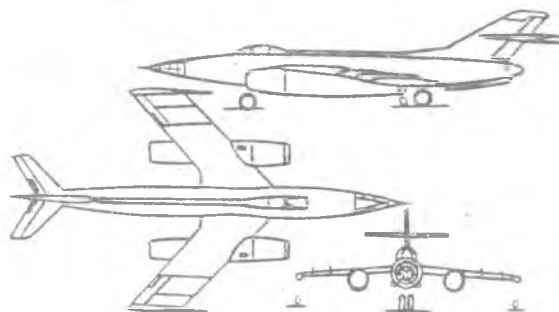
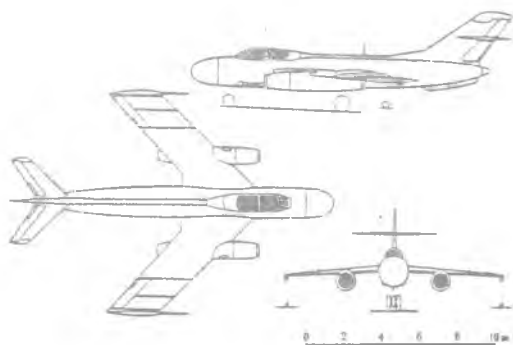


2.5. Самолеты Як-25, Як-26

Як-25 - двухместный ночной всепогодный истребитель-перехватчик с большой продолжительностью полета (2,5 часа). Расположение двигателей под крылом позволило освободить фюзеляж для размещения там в большом объеме электронного оборудования, вооружения и топлива. Схема самолета имела большие возможности для дальнейшего развития и послужила основой для создания целого семейства серийных сверхзвуковых боевых самолетов различного назначения.

Як-26. Легкий фронтовой сверхзвуковой бомбардировщик, созданный на базе Як-25. На самолете установлены более мощные, чем на Як-25, двигатели. Неустойчивость на больших углах атаки не позволила запустить самолет в серию.

	Як-25	Як-26
Год выпуска:	1952	1955
Взлетная масса, кг:	9200	11200
Нагрузка на крыло, кг/м ² :	318.8	387
Площадь крыла, м ² :	28.94	28.94
Размах крыла, м:	11.0	11.0
Стреловидность:	45°	45°
Максимальная скорость, км/ч:	1090	1235
Дальность полета, км:	3000	-
Потолок, м:	13900	-



1. Сравните внешние формы крыльев самолетов. Объясните имеющиеся отличия в геометрических параметрах.

2. Сравните конструкции лонжеронов и подкосных балок. Объясните разницу в применяемых материалах и площадях поперечных сечений элементов.

3. Объясните назначение механизации крыла самолетов Як-25, Як-26 и устройство проводки управления.

4. Объясните причину модификации носка крыла в районе элерона. Объясните назначение и работу интерцептора на нижней поверхности крыла.

5. Опишите конструкцию элерона. Объясните достоинства и недостатки конструкции с наполнителем.

2.6. Самолет Ту-154

Среднемагистральный турбореактивный пассажирский самолет 2-го поколения с тремя двигателями в хвостовой части фюзеляжа. Эксплуатируется на гражданских авиалиниях с 1972 года по настоящее время.

Год выпуска:	1968
Взлетная масса, кг:	98000
Нагрузка на крыло, кг/м ² :	486.0
Площадь крыла, м ² :	201.45
Размах крыла, м:	37.55
Стреловидность:	35°
Максимальная скорость, км/ч:	945
Дальность полета, км:	3850
Потолок, м:	11700



1. Объясните способ герметизации каркаса крыла под топливный бак.

2. Опишите конструкцию и объясните силовую работу крыла в месте разбега центральной и отъемной частей.

3. Опишите конструкцию рядовой нервюры. Объясните характер взаимодействия и конструктивное оформление соединения нервюры с обшивкой на участках съемной и несъемной панелей.

4. Опишите внешний закрывок крыла самолета Ту-154. Объясните способ уравнивания усилий с закрывка на крыле. Опишите конструкцию балки закрывка.

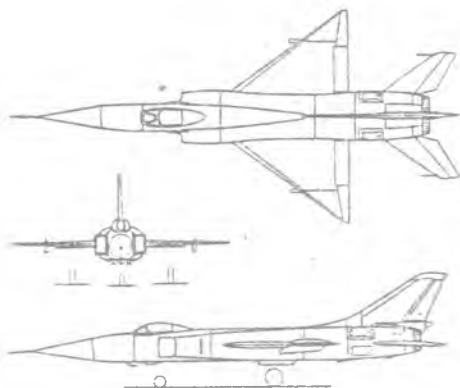
5. Опишите конструкцию предкрылка, способ его крепления к крылу. Объясните устройство и работу электрической противообледенительной системы.

6. Объясните отличия в конструкции и силовой работе верхней (сжатой) и нижней (растянутой) стрингерной панелей.

2.7. Самолет Су-15

Первый отечественный всепогодный истребитель-перехватчик на высотах от 500 до 23000 м. До настоящего времени находится на вооружении.

Год выпуска:	1967
Взлетная масса, кг:	16000
Нагрузка на крыло, кг/м ² :	460
Площадь крыла, м ² :	34.6
Размах крыла, м:	8.6
Стреловидность:	53°
Максимальная скорость, км/ч:	M=2.3
Дальность полета, км:	1500
Потолок, м:	20000



1. Опишите внешнюю форму крыла, покажите преимущества и недостатки треугольной формы в плане перед трапециевидной.

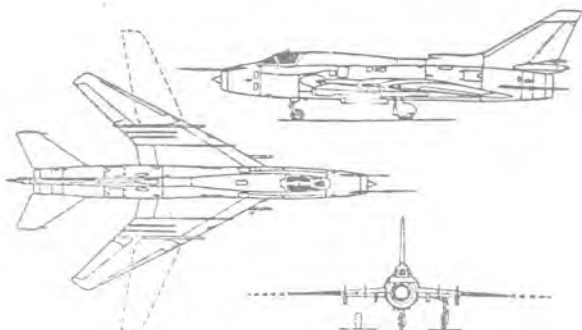
2. Опишите внутреннюю компоновку крыла. Объясните конструктивное исполнение отдельных отсеков.

3. Опишите конструкцию и способ управления закрылком. Объясните необходимость и опишите работу системы сдува пограничного слоя с носка закрылка.

2.8. Самолет Су-17

Фронтальной сверхзвуковой истребитель-бомбардировщик с крылом изменяемой в полете геометрии. Создан на базе самолета Су-7. Выпускался серийно с 1970 по 1990 гг.

Год выпуска:	1967
Взлетная масса, кг:	16400
Нагрузка на крыло, кг/м ² :	426
Площадь крыла, м ² :	38.5 / 34.5
Размах крыла, м:	14 / 10.6
Стреловидность:	28° / 62°
Максимальная скорость, км/ч:	M=2.17
Дальность полета, км:	2260
Потолок, м:	18000



1. Дайте сравнительную оценку геометрических параметров крыла при большой и малой стреловидности.

2. Поясните силовую работу поворотного узла при уравнивании изгибающего момента и перерезывающей силы. Как уравнивается крутящий момент поворотной части крыла.

3. Объясните причину применения в корневой части крыла трехслойной обшивки.

2.9. Самолет МиГ-23

Многоцелевой истребитель с крылом изменяемой стреловидности. Строился серийно в пяти вариантах применения: учебно-тренировочный, бомбардировщик, для поражения наземных целей и др.

Год выпуска:	1967
Взлетная масса, кг:	16000
Нагрузка на крыло, кг/м ² :	587
Площадь крыла, м ² :	27.25
Размах крыла, м:	14.3 / 8.3
Стреловидность:	16° / 72°
Максимальная скорость, км/ч:	M=2.35
Дальность полета, км:	2250
Потолок, м:	18500



1. Объясните конструкцию и механизм управления отклоняемым носком крыла.

2. Поясните силовую работу поворотного узла при уравнивании всех силовых факторов.

3. Опишите конструкцию и объясните способ изготовления панелей обшивки крыла.

3. Вопросы по конструкции оперений самолетов

3.1. Оперение самолета "Супер Аэро"

1. Охарактеризуйте внешнюю форму и компоновку оперения. Опишите способ управления рулем высоты, рулем направления, триммером.

2. Определите КСС стабилизатора, опишите способ уравнивания нагрузок на стабилизатор в месте крепления к киле.

3. Опишите характер силовой работы киля в месте стыка с фюзеляжем.

3.2. Оперение самолета МиГ-15

1. Опишите силовую схему и конструкцию стабилизатора. Объясните роль и силовую работу корневой нервюры. Расскажите об устройстве узлов крепления стабилизатора к киль.

2. Опишите конструкцию руля высоты, способ его крепления к стабилизатору, особенности подводки тяги управления. Объясните назначение и конструктивное исполнение весовой балансировки руля.

3. Опишите КСС киля. Объясните способ уравнивания нагрузки на киль в зоне стыка с фюзеляжем.

3.3. Оперение самолета Як-26

1. Опишите КСС стабилизатора. Объясните работу узлов стыка стабилизатора с килем.

2. Опишите КСС киля. Охарактеризуйте нагрузки, действующие на киль.

3. Опишите конструкцию первого лонжерона киля. Объясните работу узлов стыка лонжерона с фюзеляжем.

4. Опишите конструкцию второго лонжерона. Объясните способ уравнивания нагрузки на лонжерон в узлах фюзеляжа.

5. Опишите конструкцию руля направления. Покажите достоинства и недостатки трехслойной конструкции с заполнителем.

6. Опишите конструкцию носка стабилизатора с воздушно-тепловой противообледенительной системой.

3.4. Оперение самолета Ил-28

1. Опишите КСС стабилизатора. Объясните силовую работу нервюры в месте стыка двух половин стабилизатора по оси самолета.

2. Опишите КСС киля. Объясните передачу нагрузок с киля на фюзеляж по переднему и заднему лонжеронам.

3. Охарактеризуйте силовую работу элементов руля высоты и руля направления. Опишите способ уравнивания крутящего момента. Объясните назначение опоры в месте подводки тяги проводки управления.

4. Опишите способ балансировки рудей. Охарактеризуйте достоинства и недостатки принятых конструктивных решений.

3.5. Оперение самолета Су-15

1. Опишите конструктивно-силовую схему киль. Объясните способ уравнивания нагрузки на киль в шпангоутах фюзеляжа.

2. Опишите внешнюю форму и определите основные параметры цельноповоротного горизонтального стабилизатора.

3. Объясните способ уравнивания нагрузки на стабилизатор в узлах крепления к фюзеляжу.

4. Опишите конструкцию и силовую работу лонжерона.

5. Опишите конструкцию и силовую работу нервюры управления.

3.6. Цельноповоротное горизонтальное оперение самолета МиГ-23

1. Опишите конструкцию и силовую работу лонжерона стабилизатора.

2. Опишите конструкцию и силовую работу нервюры управления.

3. Опишите конструкцию и силовую работу хвостика стабилизатора с сотовым заполнителем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шудьженко М.Н. Конструкции самолетов. М.: Машиностроение, 1971.

2. Житомирский Г.И. Конструкции самолетов М.:Машиностроение, 1991.

3. Самолет "Супер Аэро": Техническое руководство по самолету. Изд. изготовителя самолета, 1958.

4. Самолет Ил-28: Техническое описание. Кн.3 (Конструкции самолета). Издательство МС, 1950.

5. Самолет МиГ-15: Техническое описание. Оборонгиз, 1949.

6. Самолет Ту-154: Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию. Кн.3. Ч. I. Планер. Изд. изготовителя самолета, 1974.

Отчет по лабораторной работе
"Конструкции крыльев и оперения"

Студент _____ группа _____

Крыло самолета

Эскиз крыла



Техническое описание крыла

Примерный план технического описания

1. Назначение крыла.
2. Внешняя форма и основные геометрические параметры.
3. Конструктивно-силовая схема крыла.
4. Конструкция и силовая работа нервюры лонжерона, обшивки.
5. Конструкция и силовая работа углов крепления крыла.
6. Характеристики основных конструкционных материалов, применяемых в крыле.
7. Назначение, конструкция агрегатов, крепящихся к крылу.